

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 688 359

②1 N° d'enregistrement national :

92 02803

⑤1 Int Cl<sup>8</sup> : H 02 M 3/335

⑫

# DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 04.03.92.

③0 Priorité :

⑦1 Demandeur(s) : Société Anonyme dite:  
ENERTRONIC — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Haddadi Smail et Milly Roger.

④3 Date de la mise à disposition du public de la  
demande : 10.09.93 Bulletin 93/36.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : Cabinet Germain et Maureau.

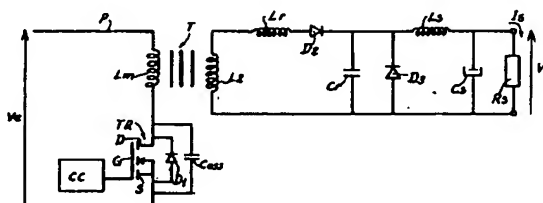
⑤4 Alimentation ou convertisseur électrique à transfert direct d'énergie.

⑤7 L'alimentation ou le convertisseur, du type "forward", comporte un transformateur (T) dont le primaire appartient à un circuit de puissance (P) relié à une source de tension continue (Ve) et comportant un transistor MOS de puissance (TR). Le secondaire du transformateur (T) appartient à un circuit comprenant un organe de redressement (D2) et un condensateur (Cs) pour l'alimentation d'une charge (Rs). Pour assurer sans composants additionnels l'évacuation de l'énergie magnétisante stockée dans l'inductance magnétisante (Im), lorsque le transistor (TR) passe à l'état bloqué, on satisfait la relation:

$$I_m < \frac{I_g}{9\pi^2} \times \frac{(toff \max)^2}{CDS1}$$

dans laquelle toff max est le temps de blocage maximal du transistor (TR), et CDS1 est la valeur de la capacité parasite de sortie (Coss) de ce transistor à la tension drain-source maximum.

Applications: convertisseurs "forward" avec résonnance primaire ou secondaire.



FR 2 688 359 - A1



**"Alimentation ou convertisseur électrique  
à transfert direct d'énergie"**

La présente invention concerne toutes les alimentations et tous les convertisseurs dits à transfert direct d'énergie, et connus aussi comme convertisseurs du type "forward", qu'ils soient résonnants ou non. Ces dispositifs électroniques, assurant une conversion courant alternatif / courant continu (alimentations) ou courant continu / courant continu (convertisseurs proprement dits), doivent être à isolement galvanique et utilisent à cet effet, dans la chaîne de transfert direct de l'énergie, un transformateur de puissance abaisseur ou élévateur de tension. De tels convertisseurs sont connus, par exemple, par la demande de brevet français N° 2608857 ou par le brevet US N° 4415959.

Le transformateur de puissance comprend deux enroulements, l'un primaire qui a sa borne d'entrée reliée à une source de tension et sa borne de sortie reliée au drain d'un transistor MOS de puissance, et l'autre secondaire qui est relié à une diode de redressement et, par l'intermédiaire, d'un circuit de filtrage, à la charge à alimenter. L'inductance de fuite de ce transformateur peut être utilisée comme inductance de résonnance, dans le cas d'une alimentation ou d'un convertisseur à résonnance.

Le transistor MOS, constituant l'organe de commutation, a sa source reliée à la masse, et sa grille reliée à un circuit de commande. Il présente entre le drain et la source une capacité parasite de sortie notée Coss, qui varie en fonction de la tension drain-source et dans le sens inverse de cette tension. Quand le transistor MOS passe à l'état bloqué, sa capacité de sortie Coss agit en série avec l'inductance du primaire du transformateur, ce qui constitue un circuit résonnant du type "LC" en série, si l'on néglige la résistance de l'enroulement primaire du transformateur.

Le transformateur est caractérisé par son inductance primaire qui est son inductance magnétisante. L'inductance magnétisante  $L_m$  du transformateur est définie par la perméance  $A_l$  du circuit magnétique et par le nombre  
5 de spires  $N_1$  de son enroulement primaire, selon la formule :

$$L_m = A_l \cdot (N_1)^2$$

Pour éviter la saturation du transformateur lors du transfert d'énergie de la source vers la sortie, une  
10 fraction de cette énergie est emmagasinée dans l'inductance magnétisante sous forme d'énergie magnétisante  $\frac{1}{2} L_m \cdot I_m^2$  ( $I_m$  étant le courant magnétisant).

Lorsque le transistor MOS de puissance passe à l'état bloqué, l'énergie magnétisante  $\frac{1}{2} L_m \cdot I_m^2$  stockée  
15 dans l'inductance magnétisante doit être évacuée, pour assurer le fonctionnement normal du système en régime permanent. A cet effet, on prévoit actuellement un circuit additionnel de démagnétisation du transformateur, en ajoutant au circuit de puissance soit un troisième  
20 enroulement en série avec une diode, soit un réseau à résistance, condensateur et diode, en parallèle avec l'enroulement primaire du transformateur ; une autre solution connue pour la démagnétisation consiste à utiliser un montage en demi-pont, avec un deuxième  
25 transistor MOS de puissance. Dans tous les cas, des composants additionnels, spécialement affectés à la fonction de démagnétisation, doivent être prévus. Ces composants sont d'autant plus nombreux que le circuit de démagnétisation proprement dit nécessite lui-même un  
30 circuit de commande.

La présente invention permet de supprimer tout circuit additionnel de démagnétisation, en montrant que, de façon surprenante, l'énergie magnétisante stockée dans l'inductance magnétisante peut être évacuée sans ajouter  
35 d'autres composants du transformateur, en rendant

fonctionnels des éléments considérés jusqu'à présent comme parasites, ce qui conduit à des réalisations plus simples, plus légères, plus compactes, plus fiables et plus économiques.

5           A cet effet, l'invention a pour objet une alimentation ou un convertisseur électrique à transfert direct d'énergie, du type "forward", comportant un transformateur de puissance dont le primaire appartient à un circuit de puissance apte à être relié à une source de  
10 tension continue et comportant un transistor MOS de puissance avec circuit de commande constituant organe de commutation, qui possède entre son drain et sa source une capacité parasite de sortie en série avec l'inductance magnétisante du primaire du transformateur, tandis que  
15 l'enroulement secondaire du transformateur appartient à un circuit comprenant un organe de redressement et des moyens de filtrage pour l'alimentation d'une charge, l'alimentation ou le convertisseur étant caractérisé en ce que, pour assurer sans composants additionnels  
20 l'évacuation de l'énergie magnétisante stockée dans l'inductance magnétisante, lorsque le transistor MOS de puissance passe à l'état bloqué, l'inductance magnétisante du primaire du transformateur vérifie la relation :

$$L_m \leq \frac{16}{9\pi^2} \times \frac{(\text{toff max})^2}{CDS1}$$

25           dans laquelle :

- toff max est le temps de blocage maximal, correspondant à la fréquence minimale de commande du transistor MOS, et
- CDS1 est la valeur de la capacité parasite de  
30 sortie de ce transistor MOS à la tension drain-source maximum.

L'idée inventive consiste donc à utiliser un élément parasite, à savoir la capacité parasite de sortie du transistor MOS, pour évacuer entièrement l'énergie

magnétisante, l'inductance magnétisante se déchargeant à travers cette capacité parasite.

L'invention est applicable à une alimentation ou un convertisseur électrique "forward" comprenant des composants résonnants dans sa partie primaire ou dans sa partie secondaire.

De toute façon, l'invention sera mieux comprise à l'aide de la description qui suit, en référence au dessin schématique annexé représentant, à titre d'exemples non limitatifs, deux formes d'exécution de cette alimentation ou de ce convertisseur électrique à transfert direct d'énergie :

Figure 1 est un schéma électrique complet d'un convertisseur selon l'invention, avec résonnance secondaire ;

Figure 2 est un schéma électrique partiel, illustrant une variante de l'invention avec résonnance primaire.

La figure 1 montre, à gauche, la partie "primaire" et, à droite, la partie "secondaire" d'un convertisseur électrique à transfert direct d'énergie, avec résonnance secondaire.

La partie primaire comprend un circuit de puissance P incluant l'enroulement primaire, caractérisé par son inductance magnétisante  $L_m$ , d'un transformateur T. La borne d'entrée du primaire du transformateur T est reliée à une source de tension continue d'entrée  $V_e$ . La borne de sortie de ce primaire est reliée au drain D d'un transistor MOS de puissance  $T_R$ , dont on a symbolisé en D1 la diode inverse et par  $C_{oss}$  la capacité parasite de sortie, située entre le drain D et la source S (reliée à la masse) de ce transistor MOS, ladite capacité parasite  $C_{oss}$  se trouvant en série avec l'inductance  $L_m$ . La grille G du transistor MOS est reliée à un circuit de commande CC.

La partie secondaire comprend l'enroulement secondaire, caractérisé par son inductance  $L_2$ , du transformateur T, ainsi que les composants suivants :

- inductance de résonnance (fictive)  $L_r$  du transformateur T
- diode de redressement D2
- condensateur de résonnance  $C_r$
- diode de roue libre D3
- inductance de lissage  $L_s$
- condensateur de sortie  $C_s$ .

Le circuit comprenant les composants précédents alimente une charge  $R_s$ , sous une tension de sortie notée  $V_s$ , le courant parcourant la charge étant désigné par  $I_s$ .

A la mise sous tension initiale, il y a, dans une première étape, augmentation du courant magnétisant  $I_m$  dans le circuit de puissance P de la partie primaire, qui dure un certain temps  $t_1$  imposé par la valeur du courant  $I_s$  dans la charge  $R_s$  et par les valeurs des composants résonnants  $L_r$  et  $C_r$ .

La deuxième étape consiste en une variation presque sinusoïdale du courant dans le même circuit de puissance P. Cette étape dure un certain temps  $t_2$ , au bout duquel le transistor MOS de puissance  $T_R$  coupe un courant magnétisant  $I_m$  en introduisant des pertes par commutation négligeables dans le transistor MOS de puissance  $T_R$ .

Dans une troisième étape, le transistor MOS de puissance  $T_R$  est à l'état bloqué, et il le reste pendant un temps de blocage  $t_{off}$ . La partie primaire se comporte alors comme un circuit résonnant série de type "LC", formé par l'inductance magnétisante  $L_m$  du transformateur T (à laquelle s'ajoute l'inductance de résonnance  $L_r$  si celle-ci est au primaire comme illustré par la figure 2), d'une part, et par la capacité parasite de sortie  $C_{oss}$  du transistor MOS de puissance  $T_R$ . Cette capacité de sortie  $C_{oss}$  possède sa valeur la plus grande à l'instant initial de l'étape de fonctionnement ici décrite.

A ce moment apparaît un phénomène de transfert d'énergie entre l'inductance magnétisante  $L_m$  du transformateur T, ladite capacité parasite de sortie  $C_{oss}$  et la source de tension  $V_e$  qui forment un circuit fermé.

5 Ceci permet une réinitialisation de l'état du transformateur T, c'est-à-dire sa démagnétisation complète, à chaque cycle de transfert d'énergie.

Pour que cette démagnétisation ait le temps de s'effectuer correctement et complètement, il faut que

10 l'inductance magnétisante  $L_m$  du transformateur T vérifie la relation suivante :

$$L_m \leq \frac{16}{9\pi^2} \times \frac{(t_{off \max})^2}{CDS1}$$

dans laquelle :

-  $t_{off \max}$  désigne le temps de blocage maximal,

15 correspondant à la fréquence minimale de commande du transistor MOS ;

-  $CDS1$  est la valeur de la capacité parasite de sortie  $C_{oss}$  à la tension drain-source maximum.

Pour que la réalisation pratique vérifie la

20 formule précédente, il faut déterminer judicieusement l'inductance magnétisante  $L_m$  et/ou choisir le transistor MOS de puissance  $TR$  de façon adaptée.

Plus particulièrement :

- reprenant la formule  $L_m = A_l \cdot (N_1)^2$  donnée plus

25 haut, on agit sur la perméance  $A_l$  du circuit magnétique, imposant le choix du transformateur T, et/ou

- le transistor MOS est choisi selon des critères électriques et la valeur  $CDS1$  de sa capacité parasite de sortie à sa tension drain-source maximum.

30 L'invention est aussi applicable à une alimentation ou un convertisseur du genre concerné, avec résonnance primaire comme illustré par la figure 2. Dans le circuit P, l'inductance de résonnance  $L_r$  est ici placée en série avec l'inductance magnétisante  $L_m$ , et le

35 condensateur de résonnance  $C_r$  est monté en parallèle avec

l'inductance magnétisante  $L_m$ , ces composants résonnants étant supprimés dans la partie secondaire qui n'est pas représentée. La valeur de l'inductance de résonnance  $L_r$  est pratiquement négligeable devant celle de l'inductance magnétisante  $L_m$ , lorsque cette dernière intervient dans sa fonction de démagnétisation ; le fonctionnement d'ensemble n'est donc pas sensiblement modifié par rapport à la description précédente. Par ailleurs, on notera que l'invention est applicable à une alimentation ou un convertisseur "forward" avec ou sans circuit connu d'écrêtage de surtension (non représenté), protégeant le transistor MOS de puissance.



**REVENDICATIONS**

1. Alimentation ou convertisseur électrique à transfert direct d'énergie, du type "forward", comportant un transformateur de puissance (T) dont l'enroulement  
 5 primaire appartient à un circuit de puissance (P) apte à être relié à une source de tension continue (Ve) et comportant un transistor MOS de puissance (TR) avec circuit de commande (CC), constituant organe de commutation, qui possède entre son drain (D) et sa source  
 10 (S) une capacité parasite de sortie (Coss) en série avec l'inductance magnétisante (Lm) du primaire du transformateur (T), tandis que l'enroulement secondaire du transformateur (T) appartient à un circuit comprenant un organe de redressement (D2) et des moyens de filtrage (Ls,  
 15 Cs) pour l'alimentation d'une charge (Rs), caractérisé en ce que, pour assurer sans composants additionnels l'évacuation de l'énergie magnétisante stockée dans l'inductance magnétisante (Lm), lorsque le transistor MOS de puissance (TR) passe à l'état bloqué, l'inductance  
 20 magnétisante (Lm) du primaire du transformateur (T) vérifie la relation :

$$L_m \leq \frac{16}{9\pi^2} \times \frac{(toff \text{ max})^2}{CDS1}$$

dans laquelle :

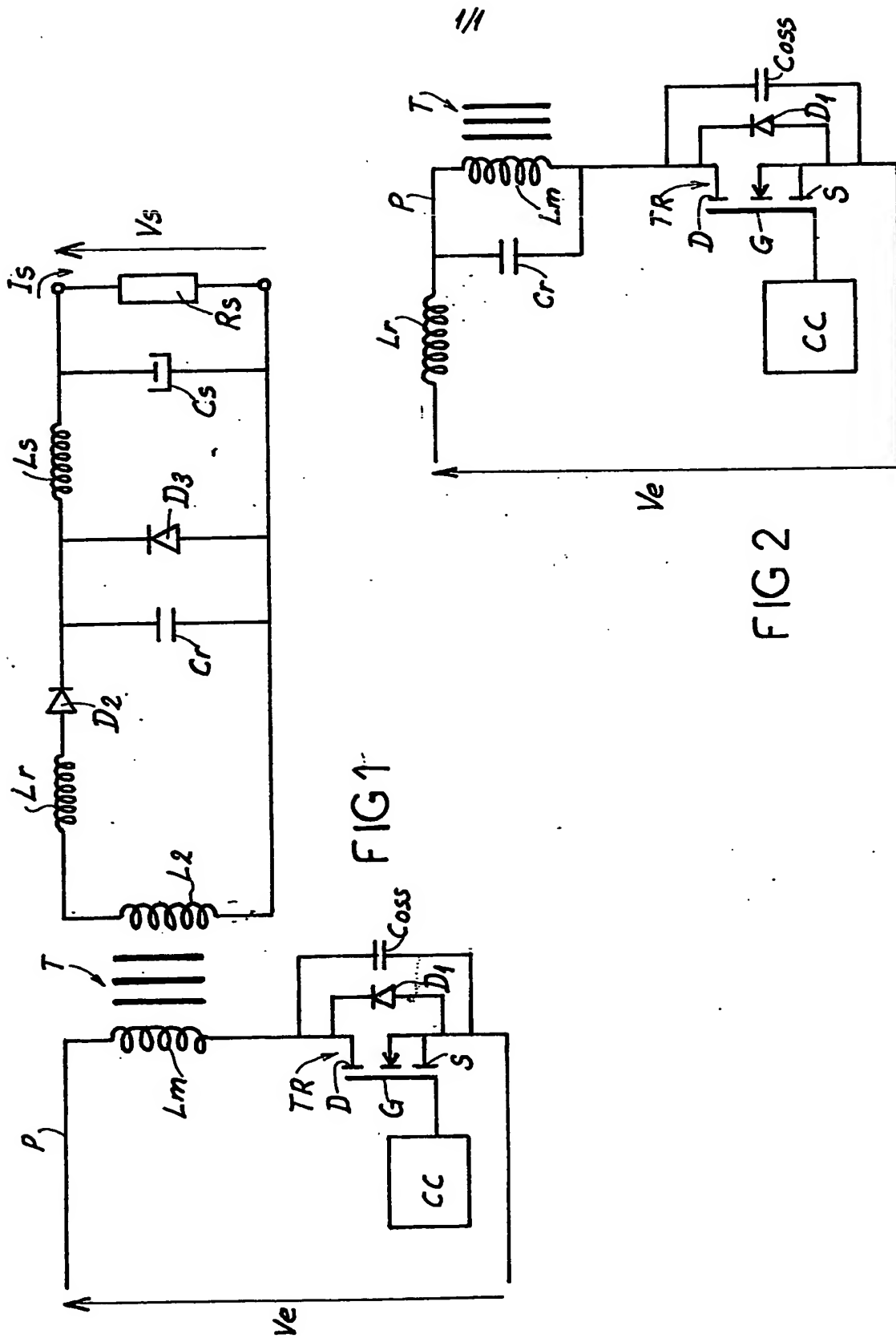
- toff max est le temps de blocage maximal,  
 25 correspondant à la fréquence minimale de commande du transistor MOS et,

- CDS1 est la valeur de la capacité parasite de sortie (Coss) de ce transistor MOS à la tension drain-source maximum.

30 2. Alimentation ou convertisseur électrique à transfert direct d'énergie, selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend des composants résonnants (Lr, Cr) dans sa partie primaire.

3. Alimentation ou convertisseur électrique à  
 35 transfert direct d'énergie, selon la revendication 1,

caractérisé en ce qu'il comprend des composants résonnants  
(Lr, Cr) dans sa partie secondaire.



REPUBLIQUE FRANÇAISE

2688359

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE  
établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
national

FR 9202803  
FA 469279

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US-A-4 788 634 (SCHLECHT & CASEY) * colonne 2, ligne 17 - ligne 28 * ----	1-3
X	US-A-4 975 821 (LETHELLIER) * abrégé * -----	1,2
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
		H02M
Date d'achèvement de la recherche 10 NOVEMBRE 1992		Rechercheur VAN DEN DOEL J.
<p><b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b></p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons ----- &amp; : membre de la même famille, document correspondant</p>		

EPO FORM 1503 01.82 (P0413)